

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3440177 A1

51 Int. Cl. 4:
H04N 7/18
H 04 N 5/225
A 61 B 1/04
A 61 B 5/07

21 Aktenzeichen: P 34 40 177.6
22 Anmeldetag: 2. 11. 84
43 Offenlegungstag: 15. 5. 86

A61B1/05

DE 3440177 A1

71 Anmelder:
Hilliges, Friedrich, Dipl.-Ing., 8031 Eichenau, DE

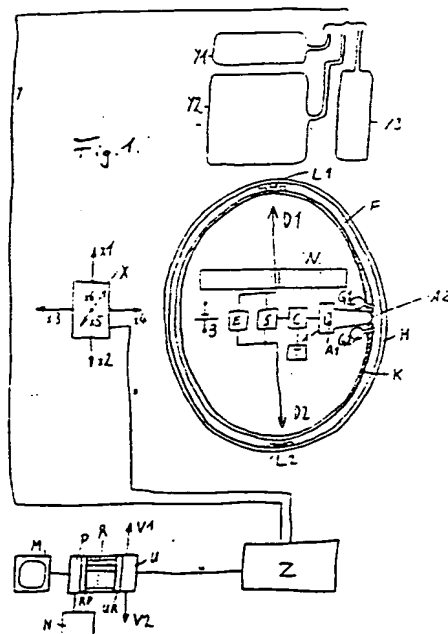
72 Erfinder:
gleich Anmelder

DOC

BEST AVAILABLE COPY

54 Fernseh-Aufnahme- und -wiedergabeeinrichtung zur Endoskopie an menschlichen und tierischen Körpern

Eine für Zwecke der Endoskopie in Ellipsoidform ausgebildete, verschluckbare und mittels der natürlichen Peristaltik als Vorschub transportierte Fernsehkamera sendet Bildpunktsignale an einen außerhalb des Körpers vorgesehenen Speicher. Bildwiedergabe mittels eines die Bildpunktsignale vom Speicher abrufenden Bildschirmgerätes oder Bild-Druckgerätes.



DE 3440177 A1

Patentansprüche

- 1) Fernseh-Aufnahme- und -wiedergabeeinrichtung mit einer in menschliche sowie tierische Körper einführbaren Fernsehkamera und einer außerhalb desselben vorgesehenen Wiedergabeeinrichtung,
- 5 dadurch gekennzeichnet, daß eine mit einer Beleuchtungseinrichtung ausgerüstete verschluckbare und zur Durchführung eines stetigen Aufnahmevorganges fortlaufend weiterbewegte Fernsehkamera unter dem Bewegungseinfluß der natürlichen Peristaltik steht, zur Durchführung von Rundumaufnahmen eingerichtet ist und eine Sendeeinrichtung zur drahtlosen Übertragung von diesen Aufnahmen entsprechenden Fernsehsignalen aufweist, und daß die Wiedergabeeinrichtung mit einem Empfänger für diese drahtlos übertragenen Fernsehsignale
- 15 ausgestattet ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Form der Fernsehkamera durch eine Ausgestaltung als ein ei-ähnlicher langelliptischer Körper ihren
- 20 Vorschub mittels der natürlichen Peristaltik begünstigt.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehkamera wenigstens ein vorzugsweise passiv wirkendes ferromagnetisches Teil enthält, und daß ihre Fortbewegung durch Einwirkung eines außerhalb des Körpers erzeugten Magnetfeldes bewirkt wird.
- 30 4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehkamera über ihre gesamte Länge senkrecht zu ihrer Längsachse äußerlich nur kreisförmige Querschnitte, also eine bezüglich ihrer Längsachse konzentrische Formgebung aufweist.

5. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Fernsehkamera wenigstens ein ferromagnetisch wirkendes Teil trägt, dessen magnetische Längsachse quer zur
- 5 Längsachse der Fernsehkamera angeordnet ist, wodurch mittels Drehung des außerhalb des Körpers erzeugten Magnetfeldes die Fernsehkamera um ihre Längsachse drehbar ist.
6. Einrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß das Magnetfeld in allen Raumebenen drehbar ist.
7. Einrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß eine die hinsichtlich der drei Dimensionen des Raumes jederzeit gegebene Ausrichtung der Längsachse der Fernsehkamera erkennende Ortungseinrichtung die Raumebene ermittelt, in der die jeweils weitere Drehung des Magnetfeldes im Raum durchgeführt wird.
- 20 8. Einrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Fernsehkamera die Fernsehsignale über einen gemäß der Längsachse der Fernsehkamera angeordneten Dipol aus-
- 25 sendet, und daß die Ortungseinrichtung nach der Raumlage der von der Wiedergabeeinrichtung empfangenen Fernsehsignale die momentane Ausrichtung der Fernsehkamera ermittelt.
- 30 9. Einrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Fernsehkamera ein sich auf einen Bildpunkt konzentrierendes, Lichtsignale in elektrische Signale umwandelndes Aufnahmeorgan aufweist, welches für die
- 35 räumlich aneinandergereihten Bildpunkte pro Bildpunkt ein Fernsehsignal, also eine Folge von Fernsehsignalen liefert.

10. Einrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Aufnahmeorgan mit einer optischen Linse verbunden ist, die die Aufnahmesensibilität jeweils auf einen
5 Aufnahmepunkt an der Oberfläche der Fernsehkamera fokussiert.
11. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß die Fernsehkamera in einer lichttransparenten konzentrischen Hülle und in dieser um ihre Längsachse drehbar angeordnet ist.
12. Einrichtung nach Anspruch 11,
15 dadurch gekennzeichnet,
daß die Hülle aus flexiblem Material und die Fernsehkamera in ihr in einer transparenten Flüssigkeit schwimmend angeordnet ist und dadurch drehbar ist.
- 20 13. Einrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Hülle aus festem Material besteht und die Fernsehkamera in ihr durch eine mechanische Lagerung und/oder durch eine schwimmende Anordnung in einer transparenten
25 Flüssigkeit drehbar ist.
14. Einrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Linsenfunktion durch das formbedingte und material-
30 bedingte Brechungsverhalten der Flüssigkeit und/oder der äußere Hülle bewirkt oder unterstützt ist.
15. Einrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
35 daß die Wiedergabeeinrichtung einen Speicher aufweist,

der die Fernsehsignale aufnimmt, insbesondere bildpunktweise.

16. Einrichtung nach Anspruch 5,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Fernsehkamera das Fernsehsignal pro Bildpunkt als PCM-Signal zur Wiedergabeeinrichtung überträgt.

17. Einrichtung nach Anspruch 1,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Fernsehkamera von einer zur Vergrößerung des Aufnahmefeldes aufblähbaren Hülle umgeben ist.

18. Einrichtung nach Anspruch 1,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Fernsehkamera mit einer Batterie als Speisespannungsquelle ausgestattet ist.

19. Einrichtung nach Anspruch 2,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Energieversorgung der Fernsehkamera durch in einem anderen Frequenzbereich als dem der Fernsehsignale drahtlos zu der Fernsehkamera übertragene Energie bewerkstelligt wird, die von der Fernsehkamera durch eine parallel zu ihrer
25 Längsachse angeordnete Antenne aufgenommen wird.

20. Einrichtung nach den Ansprüchen 9 und 11, insbesondere auch Anspruch 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die äußere Hülle eine Markierung trägt, die bei Drehung
30 der Fernsehkamera und dabei stattfindender Überfahung durch ihr Aufnahmeorgan ein von diesem erzeugtes und sich von den übrigen Fernsehsignalen unterscheidendes Markiersignal verursacht, und daß die durch je zwei aufeinanderfolgende Markiersignale begrenzten, ebenfalls aufeinanderfolgenden mehreren Aufnahmezyklen Serien von Fernsehsignalen, z.B. Bildzeilen, ergeben, die mittels der jeweils
35 an ihrem Anfang und/oder Ende auftretenden Markiersignale in der Wiedergabeeinrichtung, insbesondere ihrem Speicher, sukzessive einander zugeordnet werden.

21. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehsignale nach einer Zwischenspeicherung im Speicher mittels eines zur Wiedergabeeinrichtung gehörenden Monitors sichtbar gemacht werden.

22. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehsignale insbesondere nach einer Zwischenspeicherung mittels einer die einzelnen Bildpunkte zeichnenden Druckeinrichtung auf Papier oder ähnlichem Material sichtbar gemacht werden.

23. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehkamera ein Aufnahmeorgan im Bereich ihres größten Umfanges - bezogen auf ihre kreisförmigen Querschnitte - aufweist.

24. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehkamera mehrere Aufnahmeorgane aufweist, die in einer längs zu ihrer Längsachse verlaufenden Linie auf ihrer Oberfläche liegen.

25. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fernsehkamera zur Durchführung von Rundumaufnahmen einen Kranz von Aufnahmezellen trägt, die in einer senkrecht zur Vorschubrichtung der Fernsehkamera liegenden Ebene an ihrer Oberfläche angeordnet sind.

26. Einrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerschaltung die Aufnahmezellen in zyklischer Folge einzeln nacheinander wirksam schaltet.

27. Einrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirksamschaltung je einer Aufnahmezelle darin besteht, daß jeweils für die Gewinnung eines Fernsehsignales ein in jener vorgesehenes lichtempfindliches Organ zur

6.

Abgabe dieses Signales mit einer Schalteinrichtung zur Weiterleitung desselben, insbesondere mit einem Kodierer und insbesondere mit einem Sender, verbunden wird, und daß insbesondere währenddessen auch eine

5 dieser Aufnahmezelle zugeordnete Beleuchtungseinrichtung mit eingeschaltet ist.

Die Erfindung betrifft eine Fernseh-Aufnahme- und -wiedergabeeinrichtung mit einer zur Endoskopie in menschliche sowie tierische Körper, insbesondere deren Verdauungstrakt, einföhrbaren Fernsehkamera und einer auöerhalb von jenen vorgesehenen Wiedergabeeinrichtung.

Eine Einrichtung dieser Art ist bereits durch die USA-Patentschrift 2 764 149 bekannt. Die Fernseh-kamera ist in diesem Fall als eine Sonde ausgebildet, die mit dem Wiedergabegerät über eine Leitung verbunden ist, die zur Übertragung der Fernsehinformation dient.

Praktische Erfahrungen zeigen, daß manche inneren Organe, z.B. der Dünndarm, nur teilweise oder nur mit Komplikationen und/oder Beschwerden mittels Sonden der bekannten Art zugänglich sind. Außerdem erweist es sich als nachteilig, daß durch einen Endoskopievor- gang mit einer Sonde der bekannten Art eine lokale Bindung während seiner Dauer strikt erzwungen ist, wodurch u.a. schon der Dauer eines Endoskopievorganges zeitlich enge Grenzen gesetzt sind. Ferner läßt sich ein Endoskopievorgang wegen der damit verbundenen Komplikationen und Beschwerden nicht nur zeitlich begrenzt, sondern darüberhinaus auch nicht unter beliebigen Bedingungen, z.B. nicht während des Schlafes oder bei körperlicher Belastung und Bewegung, und nicht in jeder körperlichen Lage durchfüh- ren.

Für die Erfindung besteht die Aufgabe, zur Vermeidung der zuvor aufgeführten Schwierigkeiten, die Bedingungen der Endoskopie zu vereinfachen, zu erleichtern und von äußeren Umständen stärker unabhängig zu machen. In diesem Zusammenhang ist es wesentlich, einen Endoskopievorgang auf beliebig lange Zeiträume erstrecken zu können, damit er dadurch auch auf beliebig große und lange Teile des Körperinneren ausgedehnt werden kann. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, daß der Vorschub der Fernsehkamera bei der Endoskopie so weit wie möglich Beschwerden und Komplikationen vermeiden soll.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, daß eine mit einer Beleuchtungseinrichtung ausgerüstete verschluckbare und zur Durchführung eines stetigen Aufnahmevorganges fortlaufend weiterbewegte Fernsehkamera unter dem Bewegungseinfluß der natürlichen Peristaltik steht, zur Durchführung von Rundumaufnahmen eingerichtet ist und eine Sendeeinrichtung zur drahtlosen Übertragung von diesen Aufnahmen entsprechenden Fernsehsignalen aufweist, und daß die Wiedergabeeinrichtung mit einem Empfänger für diese drahtlos übertragenen Fernsehsignale ausgestattet ist.

Durch die Erfindung wird es ermöglicht, zur Erfassung größerer Teile des Körperinneren, insbesondere des Verdauungstraktes, durch einen länger andauernden Endoskopievorgang den Vorschub der Fernsehkamera beschwerdenfrei und komplikationsfrei zu gestalten, sowie unabhängig zu machen von äußeren Bedingungen und für die Endoskopie neue Möglichkeiten bezüglich solcher Bedingungen zu eröffnen, z.B. die des natürlichen Schlafes. Der Vorschub kann durch die natürliche Peristaltik erfolgen. Erfindungsgemäß läßt sich mittels der Rundumaufnahmen auch der Einfluß der Peristaltik auf den Vorschub erfassen, indem die Bildwiedergabe zusammendrängende oder auseinanderziehende Verzerrungen sichtbar macht, die einem beschleunigten bzw. verlangsamten Vorschub entsprechen.

- 3 -
Eine drahtlose Übertragung von physiologischen Signalen aus dem menschlichen Körper auf einen äußeren Empfänger ist zwar schon in Zusammenhang mit der Insulin-Verabreichung vorgesehen worden. Da es sich jedoch hierbei

5 um stationär im Körper eingesetzte Kleinaggregate handelt, vermag diese Technik auch keine Anregung zur Lösung der der Erfindung zu Grunde liegenden Problematik zu geben. Dies ergibt sich nicht alleine daraus, daß solche Kleinaggregate nicht durch ein bloßes Verschlucken
10 an ihren Einsatzort verbracht werden können; vielmehr berührt die Technik dieser Kleinaggregate auch nicht den Problemkreis des fortwährenden und durch die Zielsetzung von größere Bereiche innerer Körperteile erfassenden Fernsehaufnahmen bedingten Vorschubes der
15 Fernsehkamera, sowie der Miterfassung der natürlichen Peristaltik durch diese Aufnahmen.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2ff. angegeben.

20 Durch die Weiterbildung der Erfindung nach Patentanspruch 2 wird die Möglichkeit verbessert, die Fernsehkamera durch die natürliche Peristaltik, insbesondere der Verdauungsorgane, weiterbefördern zu lassen.

25 Die Weiterbildung nach Anspruch 3 ermöglicht es, die Weiterbeförderung (Vorschub) von außen her zu beeinflussen, sie also zu fördern oder zu hemmen oder sie zu lenken, z.B. an Abzweigungen und oder Einmündungen
30 oder in Ausbuchtungen hinein.

Die Weiterbildung nach Anspruch 4 schafft die Möglichkeit, die Fernsehkamera ohne größere Krafteinwirkung, also mittels nur geringer Krafteinwirkung drehen zu
35 können.

Eine Zusammenfassung der zuvor behandelten Weiterbil-

dungen kombiniert der Anspruch 5 mit einer zusätzlichen Weiterbildung, gemäß der die Fernsehkamera nicht nur oder anstatt in Längsrichtung von außen her bewegbar ist, sondern auch zur Ausführung einer Rotationsbewegung. Um dies auch in den Teilen mit gewundener Gefäßform, insbesondere des Verdauungstraktes, durchführen zu können, ermöglicht die Weiterbildung gemäß Anspruch 6, daß die Drehebene des Magnetfeldes der momentanen Drehebene der Fernsehkamera (senkrecht zu ihrer Längsachse) laufend angepaßt werden kann. Hierzu ist gemäß einer weiteren Fortbildung der Erfindung gemäß Anspruch 7 eine Ortungseinrichtung vorgesehen, die diese laufende Anpassung ermöglicht. Durch die in Anspruch 8 angegebene Weiterbildung vermag die Ortungseinrichtung die momentane Raumlage und räumliche Ausrichtung der Fernsehkamera anhand der empfangenen Fernseh-Signale zu erfassen, um danach die Drehebene des Magnetfeldes laufend auszurichten.

20 Gemäß einer weiteren Fortbildung der Erfindung nach Anspruch 9 einschließlich einiger ihrer zuvor angesprochenen Weiterbildungen wird erreicht, daß die Aufnahmetechnik sich sehr vereinfacht, insbesondere in Verbindung mit der erwähnten Möglichkeit der Ausführung einer gesteuerten Rotationsbewegung. Es ist gemäß dieser Fortbildung nur ein zur Erfassung eines einzigen Bildpunktes geeignetes Aufnahmeorgan erforderlich, das im Zuge der Rotationsbewegung der Fernsehkamera die im unmittelbaren Umkreis der Fernsehkamera liegenden Bildpunkte sukzessive

30 nacheinander erfaßt und die betreffenden Fernsehsignale für die Folge dieser Bildpunkte nacheinander zur Ausendung bringt. Da diese Bildpunkte bei Fortbewegung in Längsrichtung auf einer schraubenförmigen Linie liegen, ergeben sich hieraus auch Möglichkeiten für

35 Rückschlüsse auf eine nicht konstante Vorschubgeschwindigkeit. In diesem Zusammenhang gibt die Weiterbildung nach Anspruch 10 die Möglichkeit, sowohl die Präzision

der Aufnahme als auch die Lichtausbeute bei der Aufnahme zu erhöhen, was der speziellen Beleuchtungssituation vorteilhaft entgegenkommt.

5 Die Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 11 verbessert die Voraussetzungen für die Drehbarkeit der Fernsehkamera um ihre Längsachse. Hieran schließt sich die Weiterbildung nach Anspruch 12 an, wodurch sich die Fernsehkamera in ihrer äußeren Form etwas an die
10 Umgebung anpassen kann. Die Weiterbildung nach Anspruch 13 schafft günstigste Voraussetzung für eine leichtgängige Drehbarkeit der Fernsehkamera, setzt also die diesbezügliche Reibung weitestgehend herab und damit auch den für die angesprochene Rotationsbewegung
15 erforderlichen Kräfteaufwand.

Die Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 15 macht es möglich, einen Endoskopievorgang auf längere Zeiträume bis zu mehreren Stunden oder Tagen auszudehnen,
20 und sein Ergebnis als Ganzes auszuwerten. Die Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 16 eliminiert die Gefahr einer quantitativen Verfälschung des Fernsehsignales, zumindest verringert sie diese Gefahr wesentlich.

25 Die Speisung der Fernsehkamera und ihrer Beleuchtungseinrichtung mit Betriebsspannung gemäß Anspruch 18 vereinfacht diese Spannungsversorgung erheblich, während diese Speisung gemäß Anspruch 19 eine beliebige zeitliche Ausdehnung der Endoskopievorgänge ermöglicht.

30

Gemäß der Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 20 läßt sich auf einfache Weise ein Zusammenhang der zu den aufeinanderfolgenden Aufnahmezyklen gehörenden Reihen von Fernsehsignalen untereinander herstellen, und
35 die diesen Reihen entsprechenden Bildzeilen lassen sich zu einem Gesamt-Fernsehbild zusammenfügen. Durch die Weiterbildung nach Anspruch 21 ist es möglich, zusammenhängend endoskopierte Körperteile in einem zu betrach-

ten. Diese Möglichkeit bietet auch die Weiterbildung nach Anspruch 22, die zudem einen Speicher zu erübrigen vermag.

Die Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 23 bewirkt, daß
5 die Aufnahmevorgänge immer an der Stelle erfolgen, wo das die
Fernsehkamera umgebende Gefäß, z.B. der Dünndarm, durch diese
am meisten aufgeweitet, also in seiner Oberfläche glatt gestreckt ist. Außerdem wird dadurch bewirkt, daß die Aufnahmevorgänge immer an einer Stelle erfolgen, wo ein gegebenenfalls
10 vorhandener Gefäßinhalt optimal weggedrückt ist. Die Weiterbildung nach Anspruch 24 ermöglicht es, bei erhöhter Vorschubgeschwindigkeit ein bezüglich des Endoskopie-Objektes und seiner Abbildung hierdurch dennoch vollständiges Fernsehbild zu erlangen.

15 In Fig. 1 und 2 der Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung nur in zu ihrem Verständnis beitragenden Bestandteilen dargestellt, worauf sie jedoch keineswegs beschränkt ist. Die Beschreibung beschränkt sich zunächst auf eine Erläuterung der Fig. 1.

20 Im Mittelteil von Fig. 1 ist eine Sendeeinrichtung in einem ei-ähnlichen langellyptischen Gehäuse K im Querschnitt gezeigt. Das Gehäuse stellt einen Ellipsoid mit zwei gleich langen Achsen und einer diesen gegenüber etwa eineinhalb bis drei mal so
25 langen dritten Achse dar. Die Darstellung ist eine etwa zehn- bis dreißigfache Vergrößerung. Wie ersichtlich, zeigt die Zeichnung eine Schnittdarstellung, wobei die längere (dritte) Achse und eine der beiden anderen Achsen des Ellipsoids in der Zeichnungsebene liegen, letztere in der Horizontalen und die
30 Längsachse des Ellipsoids in der Vertikalen der zeichnerischen Darstellung. Querschnitte zur Längsachse, die also senkrecht zu ihr sowie senkrecht zur Zeichnungsebene liegen, sind kreisförmig. Sie können aber ebenfalls elliptische Form haben; in diesem Fall wären also die zuvor erwähnten ersten beiden Halbachsen
35 des Ellipsoids nicht gleich lang.

Das Gehäuse K, das das Gehäuse der Fernsehkamera ist, befindet sich in einer äußeren lichttransparenten Hülle H, die aus glasähnlich starrem Material (Kunststoff) oder aus flexibelem

Material bestehen kann. Der stark vergrößert dargestellte

- 5 Zwischenraum zwischen Gehäuse und Hülle ist mit einer klaren transparenten Flüssigkeit gefüllt, wodurch das Gehäuse K und damit die gesamte Fernsehkamera um ihre Längsachse, die der Längsachse des Ellipsoids entspricht, leichtgängig drehbar ist.

Am oberen und am unteren Ende des Gehäuses angedeutete Lager-

- 10 stellen L1 und L2 können zusätzlich angebracht sein, um Taumbewegungen der Fernsehkamera auszuschließen und eine exakte kreiselartige Rotation der Fernsehkamera bei Drehung um ihre Längsachse zu gewährleisten. - Die genannte Flüssigkeit weist eine geringe Adhäsion und eine geringe Viskosität auf.

15

Die angegebene Ellipsoidform des Gehäuses K der Fernsehkamera sowie der sie umgebenden und als Bestandteil zu ihr gehörenden Hülle H begünstigt ihren Vorschub mittels der natürlichen

- 20 Peristaltik z.B. des Dünn- und Dickdarms. Besteht die Hülle H aus flexiblem Material, so begünstigt dies die formschlüssige

Anpassung an die Innenform des sie umgebenden, zu endoskopierenden Gefäßes, z.B. des Dünn- und Dickdarms. Besteht die Hülle aus starrem glasähnlichen Material, so begünstigt dies die

leichtgängige Drehbarkeit sowie die Aufnahmepräzision.

25

Die Fernsehkamera enthält eine Aufnahmeeinrichtung A mit einem lichtempfindlichen Organ A1, z.B. einer Fotodiode o.dgl., und mit einer optischen Linse A2, die die Aufnahmesensibilität dieses Organs auf einen Aufnahmepunkt (damit ist ein extrem

- 30 kleines Flächenteil gemeint) an der Oberfläche der als fester Bestandteil zu der Fernsehkamera gehörenden Hülle H fokussiert.

Das heißt also, daß sich die gesamte Lichtempfindlichkeit des Organs A1 auf diesen Aufnahmepunkt konzentriert. Seitlich dazu angeordnet ist eine aus zwei Lichtquellen G1 und G2 bestehende

- 35 Beleuchtungseinrichtung; diese Lichtquellen mögen als Lichtemissionsdioden oder anderen, einen relativ hohen Wirkungsgrad aufweisenden Lichterzeugern bestehen. Es kann auch ein kreisförmiger Lichterzeuger vorgesehen werden, der konzentrisch um

die Aufnahmeeinrichtung herum angeordnet ist. Die Abstrahlung des oder der Lichterzeuger ist auf den Aufnahmepunkt konzentriert. Das lichtempfindliche Organ der Aufnahmeeinrichtung setzt die mittels der Linse vom zu endoskopierenden Aufnahme-

5 objekt, und zwar dem jeweiligen Aufnahmepunkt auf demselben, erhaltenen und erfaßten Lichtsignale in elektrische Analogsignale um, die es an einen Kodierer weitergibt (C).

Die Fernsehkamera mit ihrer Hülle ist von solchen Ausmaßen, 10 daß sie verschluckbar ist. Zur Durchführung eines stetigen Aufnahmeporganges wird sie fortlaufend weiterbewegt. Sie steht hierzu unter dem Einfluß der natürlichen Peristaltik. Sie ist zu Rundumaufnahmen eingerichtet, wozu sie in der bereits beschriebenen Weise in ihrer Hülle H drehbar angeordnet ist. Sie ent-

15 hält ferner eine bereits erwähnte Sendeeinrichtung, die aus dem Kodierer C, einem Taktgenerator T und einem Sender S besteht. Der Kodierer dient einer Umsetzung der elektrischen Analog-Signale in PCM-Signale, die als auszusendende Nachrichten an den Sender S weitergegeben und von diesem über den Dipol 20 D1/D2 zu Aussendung gebracht werden.

Der Taktgenerator T gibt regelmäßig Taktimpulse an den Kodierer ab. Bei jedem Taktimpuls wird das momentan vorliegende und jeweils in ein PCM-Signal umgesetzte Fernsehsignal an den 25 Sender S weitergeleitet. Die aneinandergereihten Aufnahmepunkte auf dem zu endoskopierenden Aufnahmeobjekt, z.B. Darminnenseite, sind also einzeln durch die aufeinanderfolgenden Taktimpulse markiert. Die von dem Sender S in PCM-Form ausgesendeten Fernsehsignale werden von einem Empfänger U der Wiedergabeeinrich- 30 tung aufgenommen.

Wird die Fernsehkamera in ein Gefäß, z.B. den Dünndarm, eingeführt und darin langsam weitergeschoben (Vorschub) und wird ihr innerer Teil, d.h. das Gehäuse mit allem, was es in sich birgt, 35 in der beschriebenen Weise in Drehung versetzt, so wird die Aufnahmeeinrichtung A mit ihrem Aufnahmepunkt, unter dem eine extrem kleine Fläche zu verstehen ist, an einer schraubenförmigen Linie innerhalb dieses Gefäßes, also z.B. des Dünndarms,

- entlanggeführt, wobei die durch jede der aufeinanderfolgenden Umrundungen gegebenen und folglich nebeneinander liegenden Teile dieser Linie (ähnlich den nebeneinander liegenden Gewindegängen bei einem Schraubengewinde) einen Abstand (ähnlich dem Abstand von Gewindegang zu Gewindegang) voneinander aufweisen, der sich aus dem jeweiligen Vorschub pro Aufnahmezyklus ergibt, der also pro Umdrehung der Fernsehkamera zurückgelegt wird in deren Längsrichtung. Ein Aufnahmezyklus entspricht also einer Umdrehung der Fernsehkamera, d.h. einer durch deren Aufnahmeeinrichtung an der betreffenden Gefäßwand zurückgelegten Umrundung. Die Anzahl der einzelnen Aufnahmen pro Aufnahmezyklus, d.h. pro Umdrehung der Fernsehkamera, und folglich die Anzahl der diesen Aufnahmen einzeln entsprechenden Fernsehsignale, die nacheinander in PCM-Form zu Aussendung gebracht werden, ergibt sich aus der Rotations-Drehzahl und damit der dazu umgekehrt proportionalen Zeit pro Umlauf, also pro Umdrehung, sowie aus der Taktimpulsfrequenz des Taktgebers T, d.h. aus der Zahl von Taktimpulsen pro Aufnahmezyklus.
- 20 Die Hülle trägt eine nach innen hin-wirksame Verspiegelung in Form eines sehr schmalen Streifens, der in der Breite ein bis zwei Aufnahmepunkten entspricht, und der sich längs von dem einen ihrer beiden Pole zu dem anderen hin erstreckt und in einer Ebene liegt, in der auch ihre Längsachse liegt. Dieser Streifen
- 25 kann auch wesentlich kürzer sein und sich auf den Bereich beschränken, in dem das Aufnahmeorgan umläuft. Dieses liegt, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, im Bereich des größten Umfanges der Fernsehkamera - bezogen auf ihre senkrecht zur Längsachse liegenden kreisförmigen Querschnitte. Die genannte
- 30 Verspiegelung wird von dem Aufnahmeorgan und der Beleuchtungseinrichtung optisch getroffen. Sie dient als eine Markierung, die bei Drehung der Fernsehkamera und dabei stattfindender Überföhrung durch ihr Aufnahmeorgan ein von diesem erzeugtes und sich von den übrigen Fernsehsignalen unterscheidendes
- 35 Markiersignal verursacht. Die durch je zwei aufeinanderfolgende Markiersignale begrenzten, ebenfalls aufeinanderfolgenden mehreren Aufnahmezyklen ergeben dadurch Serien von Fernsehsignalen, z.B. Bildzeilen, die mittels der jeweils an ihrem Anfang

und/oder Ende auftretenden Markiersignale (Bildzeilenanfangs- und/oder -endesignal) in der Wiedergabeeinrichtung, insbesondere einem zu ihr gehörenden Speicher, sukzessive einander zugeordnet werden können.

5

Ergänzend sei an dieser Stelle eingefügt, daß die optische Wirkung der Linse A2 durch das formbedingte und materialbedingte optische Brechungsverhalten der Flüssigkeit im Zwischenraum F sowie der äußeren Hülle bewirkt oder unterstützt ist. Die Form der Flüssigkeit ist selbstverständlich durch die Formen der sie einschließenden Hülle und des Gehäuses einschließlich der von ihm getragenen Linse A2 bestimmt. Die Hülle H kann jedoch auch in ihrem durch die Umlaufbahn der Aufnahmeeinrichtung A bestimmten kreisförmigen Querschnitt eine zylindrische zusätz-

10 liche Linse aufweisen, die sich also um die ganze Hülle herumzieht und in einer inneren oder äußeren Aufwölbung oder Aushöhlung bestehen kann.

Ferner sei eingefügt, daß die Hülle H bei Herstellung aus einem flexiblen Material zur Vergrößerung des Aufnahmefeldes auch aufblähsbar sein kann. Das hierfür erforderliche Gas kann durch elektrolytische Vorgänge oder durch Verdampfung erzeugt werden und hierfür erforderliche Signale können in an sich bekannter Weise drahtlos übertragen werden.

25

Auch sei noch erwähnt, daß die Fernsehkamera zwei oder mehrere der dargestellten und beschriebenen Aufnahmeeinrichtungen oder mehrere Aufnahmeorgane in einer gemeinsamen Aufnahmeeinrichtung aufweisen kann, die in einer längs zur Längsachse verlaufenden

30 Linie, die dem oben erwähnten Streifen parallel liegt, angeordnet sind. Sie liegen also nicht im einzelnen dargestellter Weise in dem Gehäuse wie die dargestellte Aufnahmeeinrichtung.

Die Fernsehkamera enthält ferner ein elektromagnetisch wirkendes Teil W. Durch Erzeugung eines Magnetfeldes außerhalb des zu endoskopierenden Körpers kann eine Kraftwirkung auf die Fernsehkamera ausgeübt werden. Dies kann zur Beeinflussung der Bewegung der Fernsehkamera in ihrer Längsrichtung ausgenutzt

35

werden, also zur Fortbewegung, aber auch zur Beschleunigung oder Verlangsamung einer durch die natürliche Peristaltik ausgelösten Bewegung. Ferner kann eine Lenkung der Fernsehkamera an Abzweigungen oder Einmündungen oder ein Hineinführen in Ausbuchtungen 5 in der betreffenden Gefäßwand bewirkt werden.

Hauptzweck des ferromagnetisch wirkenden Teils W ist die Herbeiführung der Rotationsbewegung der Fernsehkamera. Hierzu verläuft dessen magnetische Längsachse quer zur Längsachse der Fernseh-
10 kamera, wodurch mittels Drehung des außerhalb des Körpers erzeugten Magnetfeldes die Fernsehkamera um ihre Längsachse drehbar ist. Da die zu endoskopierenden Gefäße, z.B. der Darm, viele Krümmungen aufweisen kann, denen die fortlaufend vorgeschobene Fernsehkamera zu folgen hat, und da diese sich hierbei fortwäh-
15 rend weiter drehen soll, ist das Magnetfeld in allen Raumebenen drehbar. Hierzu dienen an den Wänden des Behandlungsraumes, der gegen Fremdfelder, z.B. das Erdmagnetfeld, nach außen hin abgeschirmt sein kann, angebrachte Feldwicklungen Y1, Y2 und Y3, die den drei Dimensionen des Raumes entsprechen, und die je zweifach
20 vorgesehen sein mögen. Zwei Wicklungen Y1 mögen parallel zu Fußboden und Decke des Behandlungsraumes angeordnet sein. Zwei Wicklungen Y2 mögen der Vorder- und Hinterseite des Raumes zugeordnet sein und zwei Wicklungen Y3 der rechten und der linken Seitenwand. Mit Hilfe solcher oder ähnlicher Wicklungen
25 ist es bekanntlich möglich, ein magnetisches Drehfeld im Raum zu erzeugen, dessen Drehebene ganz beliebig gewählt werden, also beliebig geschwenkt werden kann, indem hierzu die verschiedenen Wicklungen einzeln oder in Kombination mit Strom verschiedener und stetig wechselnder Stärken beschickt werden. Mit Hilfe eines
30 solchen Drehfeldes wird die Rotation der Fernsehkamera über ihr ferromagnetisch wirkendes Teil herbeigeführt. Die Drehungsebene dieses Drehfeldes wird laufend der momentanen und durch die erwähnte Krümmung des zu endoskopierenden Gefäßes, z.B. des Darms, bedingten Ausrichtung der Längsachse der Fernsehkamera angepaßt,
35 also so, daß diese sich immer senkrecht in der Drehungsebene dieses Drehfeldes befindet.

Wie bereits angegeben, bringt der Sender S die Fernsehsignale in PCM-Form über den Dipol D1/D2 zur Aussendung. Diese Signale werden nicht nur von einem Empfänger U der Wiedergabeeinrichtung, sondern auch von einer Ortungseinrichtung X aufgenommen. Diese

5 vermag anhand dieser Signale jederzeit die momentane räumliche Ausrichtung des Dipols D1/D2 der Fernsehkamera, also ihrer Längsachse festzustellen. Hierfür ist sie mit drei Dipolen ausgestattet, die den drei Dimensionen des Raumes entsprechen. Die Ortungseinrichtung X ermittelt und meldet laufend Daten, die

10 die momentane Ausrichtung der Fernsehkamera, d.h. ihrer Längsachse betreffen, über den Übertragungsweg x an eine gemeinsame Steuereinrichtung Z. Bei den drei Dipolen handelt es sich um die Dipole x_1/x_2 , x_3/x_4 und x_5/x_6 . Die Steuereinrichtung Z beschickt nach Maßgabe dieser Daten die Feldwicklungen Y1, Y2

15 und Y3 so mit Strom wechselnder Stärke und Richtung, daß dadurch ein Drehfeld in der gleichen Ebene erzeugt wird, in der momentan die Drehebene der Fernsehkamera liegt. Die Stromzuführung für die Feldwicklungen erfolgt über eine mehradrige Leitung y von der Steuerung Z zu diesen Feldwicklungen.

20 Die von dem Empfänger U der Wiedergabeeinrichtung mittels seines Dipols V1/V2 bildpunktweise empfangenen Fernsehsignale werden dem Speicher R zugeführt, der eine große Anzahl von aus der Zeichnung ersichtlichen Speicherzeilen aufweist. Je eine wiederum

25 aus einer Anzahl von Speicherelementen bestehende Speicherzeile dient zur Speicherung der zu je einem Aufnahmezyklus gehörenden Fernsehsignale, von denen jedes aus einem PCM-Wort besteht. In der gleichen Reihenfolge, wie diese PCM-Worte im Empfänger U eintreffen, werden sie von einer Schreibeinrichtung UR nacheinander Wort für Wort in die Speicherelemente eingeschrieben, d.h.

30 immer ein PCM-Wort in ein Speicherelement. Und die PCM-Worte, die jeweils zu einem Aufnahmezyklus gehören, werden immer in die Speicherelemente jeweils einer Speicherzeile eingeschrieben. Die Anzahl der von der Aufnahmeeinrichtung der Fernsehkamera

35 absolvierten Aufnahmezyklen bei einem Endoskopievorgang ist also gleich der Anzahl der dabei beschriebenen Speicherzeilen. Diese Anzahl ergibt sich aus der Dauer eines Endoskopievorganges,

die durch die Dauer für je einen Aufnahmezyklus zu dividieren ist. Anfang und Ende je eines Aufnahmezyklusses sind durch das weiter oben bereits erläuterte Markiersignal bezeichnet, mit dessen Hilfe die zeilenweise Speicherung der PCM-Worte je eines Aufnahmezyklusses ermöglicht ist.

- Das Gesamt-Ergebnis eines Endoskopievorganges kann in an sich bekannter Weise mit Hilfe einer Leseeinrichtung RP des Speichers und eines Monitors (Bildschirmgerät) sichtbar gemacht werden.
- 10 Ferner ist eine Druckeinrichtung N vorgesehen, die das gespeicherte Gesamt-Ergebnis eines Endoskopievorganges bildpunktweise in ebenso wie mittels des Monitors an sich bekannter Weise auszu-drucken gestattet. Sie druckt also pro PCM-Wort je einen Bildpunkt und wählt dabei jeweils eine Intensität für die betreffende
- 15 Papier-Schwärzung nach Maßgabe der in dem jeweiligen Fernseh-signal enthaltenen Teil-Bildinformation. Dies führt die Druck-einrichtung jeweils einzeln für je ein PCM-Wort, also einen Bild-punkt oder gemeinsam pro Aufnahmezyklus, also pro Bildzeile durch. Die Druckeinrichtung kann die vom Empfänger U aufgenommenen
- 20 Fernsehsignale auch ohne eine Zwischenspeicherung im Speicher, also im Direktempfang mittels des Empfängers U abbilden.

- Aus unterschiedlichen Vorschubgeschwindigkeiten ergeben sich Verzerrungen. Eine erhöhte Vorschubgeschwindigkeit der Fernseh-
- 25 kamera hat zur Folge, daß die aufeinanderfolgenden Aufnahme-zyklen einer schraubenförmigen Linie mit mehr Steigung (vgl. Gewindegänge eines Schraubgewindes) entsprechen (und umgekehrt), hat also eine zusammendrängende Bildwiedergabe zu Folge (und um-gekehrt). Es ist möglich, hieran eine ungleichmäßige Vorschubge-
- 30 schwindigkeit, also Eigenheiten der Peristaltik zu erkennen. Wird die Vorschubgeschwindigkeit auf anderem Wege, z.B. mittels der Ortungseinrichtung, laufend ermittelt, so kann anhand einer solchen zusätzlichen Information, der Verzerrungseffekt, soweit er unerwünscht ist, kompensiert und eliminiert werden.

Schließlich sei auch noch die Speisung der Fernsehkamera mit Betriebsspannung erläutert. Hierfür kann eine Batterie B vorgesehen werden. Es kann aber auch vorgesehen werden, daß in zeitlichem Wechsel oder mit unterschiedlichen Sendefrequenzen einerseits PCM-Worte von dem Sender S zum Empfänger U und andererseits Hochfrequenzsignale als Energieträger von der in diesem Falle zusätzlich als Hochfrequenzsender ausgebildeten Ortungseinrichtung (die ggfs. ebenfalls in zeitlichem Wechselbetrieb arbeiten müßte) zu einer Aufnahmeeinrichtung E übertragen werden, die i.w. als ein nur für diese Hochfrequenzsignale durchlässiges Filter auszubilden ist, von welchem die empfangene Energie der in diesem Falle als Puffer dienenden Batterie zugeführt wird.

15

Eine andere Ausführungsvariante der Erfindung ist in Fig. 2 der Zeichnungen dargestellt. Diese Variante erübrigt die Hülle und die Vorkehrungen nach Fig. 1 zum Rotierenlassen der Fernsehkamera mittels des Drehfeldes.

20 Sie weist im Bereich ihres größten Umfanges, bezogen auf die senkrecht zu ihrer Längsachse liegende Querschnittsebene, auf ihrem gesamten Umfang (eventuell nur auf einem Teil ihres Umfanges) eine größere Anzahl von lichtempfindlichen Organen ähnlich dem anhand von Fig. 1

25 beschriebenen (A1) auf, also gleichsam einen Kranz solcher Organe. Ihnen sind einzeln lichterzeugende Elemente, also Lichterzeuger, ähnlich wie bei der anhand von Fig. 1 beschriebenen Anordnung zugeordnet. Die Darstellung nach Fig. 2 zeigt einen senkrecht zu ihrer

30 Längsachse gelegten Schnitt in diesem Bereich; das Gehäuse K1 möge eine ähnliche Gestalt aufweisen, wie das Gehäuse K in Fig. 1. - Jeweils ein solches lichtempfindliches Organ ist mit einem Lichterzeuger zu einer Aufnahmezelle kombiniert. Im Bereich des größten Um-

35 fanges zieht sich ein Kranz solcher Aufnahmezellen AG1 bis AGn (oder nur AG1 bis AGm) um die Fernsehkamera

nach Fig. 2 herum. Ihr Gehäuse möge ebenfalls glasklar lichttransparent sein, wenigstens vor jeder der Aufnahmezellen AG1 bis AGn.

- 5 Die Fernsehkamera nach Fig. 2 weist eine Steuerschaltung Q auf, die dazu dient, die Aufnahmezellen AG1 bis AGn zur Abwicklung der Aufnahmezyklen reihum wirksam zu schalten. Jede der Aufnahmezellen ist mit einem Kodierer ähnlich dem anhand von Fig. 1 beschriebenen verbindbar.
- 10 Hierzu ist eine nichtgezeigte zentrale Busleitung vorgesehen, die der Reihe nach zu allen Aufnahmezellen sowie zu diesem Kodierer geführt ist. Die Wirksamschaltung je einer Aufnahmezelle, wofür Steuerleitungen q1 bis qn vorgesehen sind, besteht darin, daß ihre Beleuchtungseinrichtung (Lichterzeuger) eingeschaltet wird,
- 15 und daß ihr lichtempfindliches Organ über die Busleitung mit dem Kodierer durchverbunden wird. Es ist auch möglich, bei Wirksamschaltung einer Aufnahmezelle zusätzlich die Lichterzeuger ihrer benachbarten Aufnahmezellen wirksam zu schalten.
- 20 Mit Hilfe der Steuerschaltung Q wird die Abwicklung der Aufnahmezyklen bewerkstelligt, die in ihrem Ergebnis mit den anhand von Fig. 1 beschriebenen Aufnahmezyklen vergleichbar sind. Dabei liefert jede der Aufnahmezellen bei ihrer jeweiligen Wirksamschaltung je ein Fernsehsignal; folglich liefern die in einer kreisförmigen (endlosen) Reihe angeordneten Aufnahmezellen bei den zyklisch umlaufenden Steuerschaltungsvorgängen in
- 25 ähnlicher Weise wie die Anordnung nach Fig. 1 Serien von Fernsehsignalen. Eine der Aufnahmezellen möge ein sich von allen anderen Fernsehsignalen deutlich unterscheidendes Markiersignal liefern, wodurch Anfang und Ende jedes der Aufnahmezyklen signalisiert und markiert wird.
- 30 Die Kodierung, Übertragung und Auswertung der Fernsehsignale sowie die Betriebsspannungsspeisung möge ähnlich
- 35

- 1/6 -

wie in der Anordnung nach Fig. 1 realisiert sein.

Die Ausführungsvariante der Erfindung nach Fig. 2 erübrigt die ständigen Rotationsvorgänge der Fernsehkamera, wie sie bei der Anordnung nach Fig. 1 vorgesehen sind, sowie in Zusammenhang damit die äußere Hülle H. Die Anordnung nach Fig. 2 kann ebenso wie die Anordnung nach Fig. 1 mit einem ferromagnetisch wirkenden Teil W ausgerüstet sein. Ist nämlich die Fernsehkamera nach Fig. 2 für Rundumaufnahmen nur im Umkreis eines Halbkreises aufgebaut (z.B. sind Aufnahmezellen nur von AG1 bis AGm vorgesehen), so kann mittels dieses Teiles die Fernsehkamera unter Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes herumgedreht werden, um ihren Halbkranz von Aufnahmezellen AG1 bis AGm auf die jeweils gewünschten Partien des zu endoskopierenden Gefäßes auszurichten. Eine Fernsehkamera in der aus Fig. 2 hervorgehenden Ausbildung ermöglicht es, auf Maßnahmen und Einrichtungen zur Ortung zu verzichten und die Mittel zur Erzeugung des äußeren Magnetfeldes wesentlich zu vereinfachen, weil sich die Erzeugung eines Drehfeldes in allen verschiedenen Raumebenen erübrigt. Die einmalige Drehung der Fernsehkamera kann vor Beginn einer Aufnahme durchgeführt werden. - Die Anordnung nach Fig. 2 schafft die weitere Möglichkeit, einen tragbaren Empfänger vorzusehen und diesen mit einem Verstärker und/oder Umsetzer und einem Sender zu kombinieren, der die Fernsignale dann an eine Wiedergabeeinrichtung ähnlich der in Fig. 1 gezeigten weiterleitet. Dadurch wäre die Möglichkeit gegeben, daß der Träger einer solchen Endoskopie-Fernsehkamera in einem begrenzten Umkreis frei herumlaufen kann.

Fig. 2

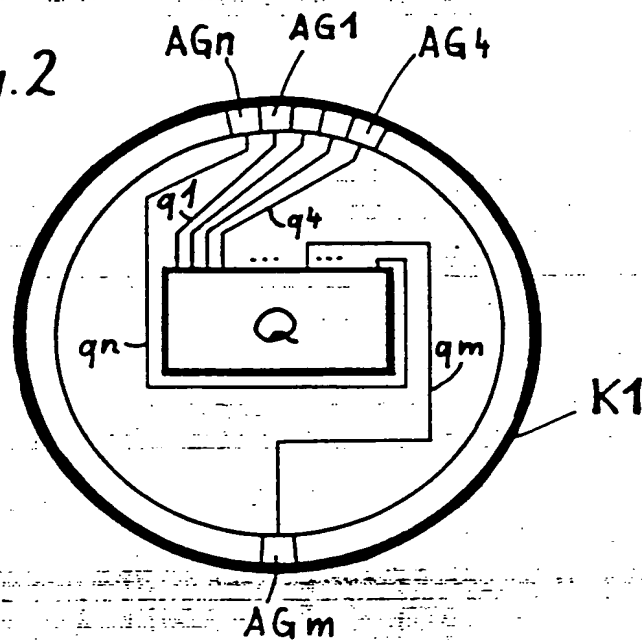
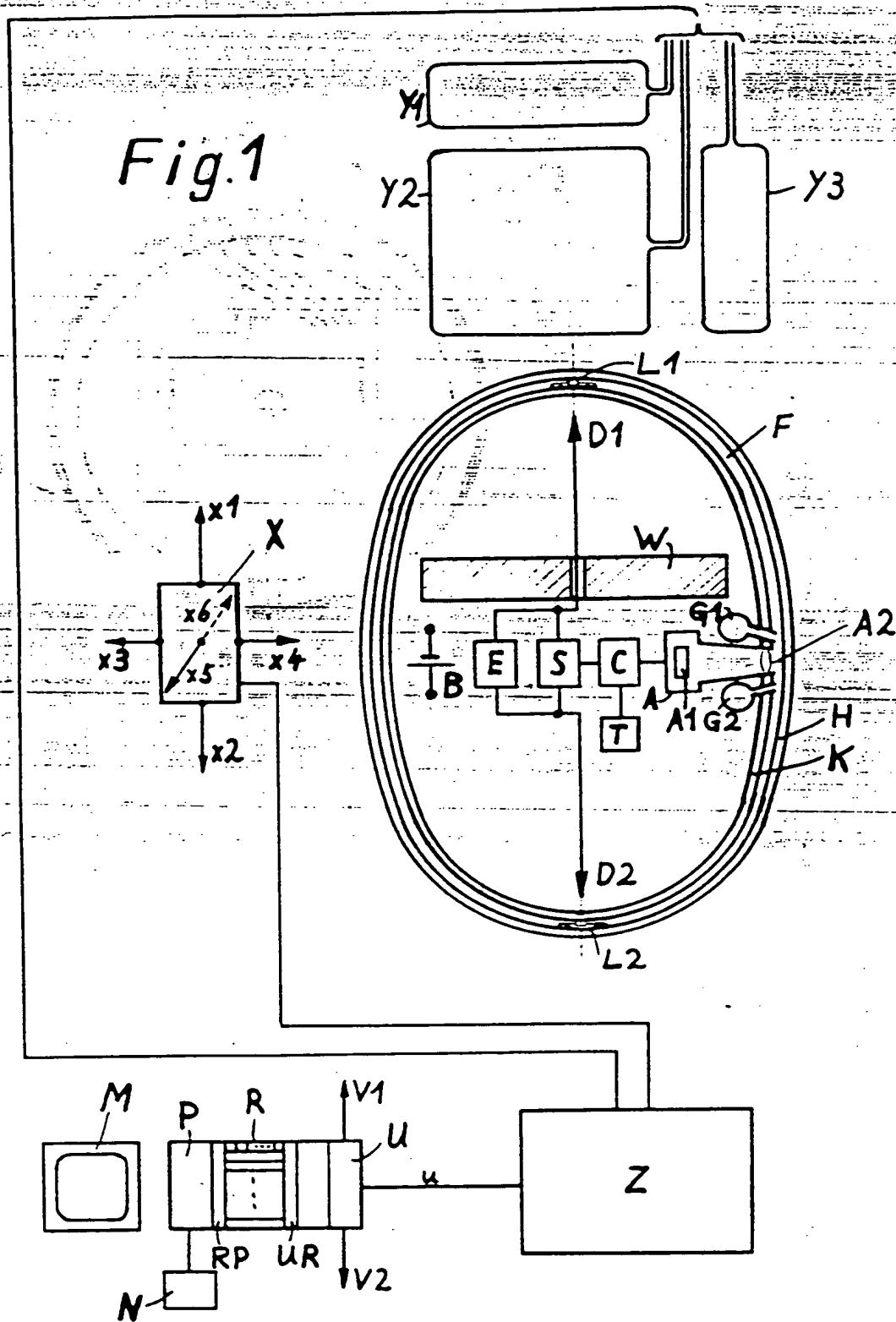


Fig. 1



19 FEDERAL REPUBLIC
OF GERMANY

12 **Disclosure Document**
11 **DE 3440 177 A1**

51 Int. Cl. ⁴:
H04 N 7/18
H 04 N 5/225
A 61 B 1/04
A 61 B 5/07

21 File no.: P 34 40 177.6
22 Application date: 2.11.84
23 Disclosure date: 15.5.86

GERMAN
PATENT OFFICE

71 Applicant: Hilliges, Friedrich, Chartered Engineer, 8031 Eichenau, GY	72 Inventor: same as applicant
--	-----------------------------------

54 Telerecording and playback device for endoscopy in human and animal bodies

An ellipsoid-shaped, swallowable TV camera for use in endoscopy, transported by means of natural peristalsis, transmits image spot signals to a memory device outside the body. Image playback by means of a visual display terminal or image printing device which calls up the image point signals from the memory.

Patent claims

1. Telerecording and playback device comprising a TV camera which can be inserted into both human and animal bodies and equipped with a playback device outside the
5 body,

characterized by

a swallowable TV camera which is equipped with an illuminating device and can be continuously moved so as to carry out constant picture-taking, influenced by the activity of natural peristalsis, which is capable of taking all-round pictures and has a transmitting
10 device for cordless transfer of these picture-like TV signals, and whose playback device is equipped with a receiver for these cordlessly transmitted TV signals.

2. Device as per claim 1,

characterized by the fact that

15 the outer shape of the TV camera as an egg-like, longitudinal elliptical body facilitates its advancement via natural peristalsis.

3. Device as per claim 1,

characterized by the fact that

20 the TV camera has at least one, preferably passively working, ferromagnetic part and that its forward movement is effected by a magnetic field created outside the body.

4. Device as per claim 1,

characterized by the fact that

25 the TV camera has, along its entire length and perpendicular to its longitudinal axis, outwardly only circular cross-sections, i.e., a concentric shape in relation to its longitudinal axis.

5. Device as per claims 1 to 4,

30 characterized by the fact that

the TV camera bears at least one ferromagnetic part whose magnetic longitudinal axis is positioned crosswise to the longitudinal axis of the TV camera; by turning the

magnetic field created outside the body, the TV camera is rotatable on its longitudinal axis.

6. Device as per claim 5,
5 characterized by the fact that
the magnetic field is rotatable in all planes.

7. Device as per claim 6,
characterized by the fact that
10 a locating device which recognizes the orientation of the longitudinal axis of the TV
camera at any time, with regard to the three dimensions of the space, determines the
plane in which any further rotation of the magnetic field in the space is carried out.

8. Device as per claim 7,
15 characterized by the fact that
the TV camera emits the TV signals via a dipole positioned along the longitudinal axis
of the TV camera and that the locating device determines the current orientation of the
TV camera according to the position of the TV signals received from the playback
device.

20
9. Device as per claim 5,
characterized by the fact that
the TV camera has a recording component which concentrates on one image point and
converts light signals into electric signals, and which supplies one TV signal per image
25 point for the spatially consecutive image points, in other words, a series of TV signals.

10. Device as per claim 9,
characterized by the fact that
the recording component is connected to an optical lens which focuses the recording
30 sensitivity to one respective recording point on the surface of the TV camera.

11. Device as per claims 1 or 10,

characterized by the fact that

the TV camera is positioned in a light-transparent, concentric case and is rotatable on its longitudinal axis within this case.

- 5 12. Device as per claim 11,
characterized by the fact that
the case is made of flexible material and that the TV camera in it floats in a transparent liquid and is therefore rotatable.
- 10 13. Device as per claim 11,
characterized by the fact that
the case is made of hard material and the TV camera in it is rotatable either by means of a mechanical bedding and/or due to its floating in a transparent liquid.
- 15 14. Device as per claim 13,
characterized by the fact that
the lens function is effected or supported by the shape-induced and material-induced refraction behavior of the liquid and/or the outer case.
- 20 15. Device as per claim 1,
characterized by the fact that
the playback device has a memory which records the TV signals, in particular in image point form.
- 25 16. Device as per claim 5,
characterized by the fact that
the TV camera transfers the TV signal per image point as a PCM signal to the playback device.
- 30 17. Device as per claim 1,
characterized by the fact that
the TV camera is surrounded by an inflatable case for enlarging the exposure field.

18. Device as per claim 1,
characterized by the fact that
the TV camera is equipped with a battery as the supply voltage source.

5 19. Device as per claim 2,
characterized by the fact that
the power supply of the TV camera is provided by cordless energy transferred to the TV
camera in a frequency range other than that of the TV signals and that this energy is
received by the TV camera via an antenna positioned parallel to its longitudinal axis.

10

20. Device as per claims 9 and 11, in particular also claim 15,
characterized by the fact that the outer case bears a marking which, on rotation of the
TV camera and the resulting crossing over by its recording component, causes a
indication signal created by the recording component and which is distinguished from
15 the other TV signals. The successive recording cycles, each defined by two successive
indication signals, produce a series of TV signals, i.e., picture lines, which, by means
of the indication signals at their beginning and/or end, are matched to each other in
succession in the playback device, in particular in the memory.

20 21 Device as per claim 15,
characterized by the fact that
the TV signals, after interim storage in the memory, are made visible by means of a
monitor belonging to the playback device.

25 22. Device as per claim 9,
characterized by the fact that
the TV signals, especially after interim storage, are made visible on paper or similar
material by means of a printer device which draws the individual image points.

23. Device as per claim 9,
characterized by the fact that
the TV camera has a recording component in the area of its largest circumference - in
relation to its circular cross-sections.

5

24. Device as per claim 9,
characterized by the fact that
the TV has several recording components, which lie on its upper surface in a line which
runs lengthwise along its longitudinal axis.

10

25. Device as per claim 1,
characterized by the fact that the TV camera bears a ring of recording cells to carry out
all-round pictures, which are positioned on its upper surface in a plane perpendicular to
the feed device of the TV camera.

15

26. Device as per claim 25,
characterized by the fact that
a control switch activates the recording cells in cyclical order one after the other.

20 27. Device as per claim 26,
characterized by the fact that
the activation of each recording cell, in order to obtain one TV signal, consists of a
light-sensitive component provided in the recording cell for the emission of this signal
being connected to a switch device to pass on the signal, and in particular to a coder and
25 a transmitter, and that during this time, an illuminating device assigned to this recording
cell is also switched on.

Telerecording and Playback Device for Endoscopy in Human and Animal Bodies

The invention concerns a telerecording and playback device with an insertable TV camera for endoscopy in human and animal bodies, in particular their digestive tracts
5 and a playback device to be used outside the body.

A device of this type is already known under the USA patent document 2 764 149. In this case the TV camera is a probe which is connected to the playback device via a wire which serves for the transfer of the TV information.

10

Practical experience has shown that some internal organs, e.g. the small intestine, are only partially accessible or are accessible only with complications and/or cause discomfort when using the above-mentioned probes. Furthermore, there is the disadvantage that an endoscopy with a probe calls for local ligature while being carried
15 out, which, among other things, imposes narrow time limits on the length of an endoscopy procedure. In addition, due to the related complications and discomfort factor, an endoscopy is not only limited in terms of time, but can also not be carried out under just any conditions, e.g. not during sleep or in the event of physical stress or movement, and not in every body position.

20

The invention's task, in order to avoid the above-mentioned difficulties, is to simplify and facilitate endoscopy conditions and to make it less dependent on external circumstances. In this context, it is essential to be able to extend an endoscopy procedure for as long as necessary, so that it may be extended to large and long parts of the inside
25 of the body, as required. It is of particular importance that discomfort and complications should be avoided as far as possible when advancing the TV camera in the endoscopy.

The invention solves the task in that a swallowable TV camera with an illuminating device which carries out constant picture-taking is moved continuously under the
30 influence of natural peristalsis, is set up for taking all-round pictures, has a transmitting device for the cordless transfer of these image-like TV signals and that the playback device is equipped with a receiver for these cordlessly transferred TV signals.

The invention makes it possible to obtain pictures of larger parts of the inside of the body, in particular the digestive tract, by means of a longer endoscopy procedure in which the TV camera is moved without causing discomfort or complications. The procedure is thus independent of external conditions and new possibilities are opened up
5 as regards these conditions, e.g. that of natural sleep. The TV camera can be advanced by natural peristalsis. With the invention, the influence of the peristalsis on the advancement can be determined by means of the all-round pictures, in that the picture reproduction makes contracting or expanding distortions visible, which correspond to an accelerated or slower advancement.

10

Cordless transfer of physiological signals from the human body to an external receiver has already been provided for in connection with the administration of insulin. Here, however, it is a matter of small components used in a stationary position in the body, and this technology does not provide any solution to the problems on which the
15 invention is based. This results, among other things, from the fact that these small components cannot be brought to their utilization site just by being swallowed; indeed, the technology of these small components does not address the problem of the continual advancing of the TV camera, created by the goal of telerecording which takes in larger areas of internal body parts, as well as the simultaneous recording of the natural
20 peristalsis using these images.

Additional developments of the invention are listed in patent claims 2 et.seq..

Thanks to the development of the invention according to patent claim 2, the possibility
25 of moving the TV camera along by means of natural peristalsis, especially in the digestive organs, is improved.

The development according to claim 3 makes it possible to influence the advancement (feeding) from outside, to advance, to brake or to guide it, e.g. at intersections and/or
30 junctions or into bulges.

The development according to claim 4 makes it possible to rotate the TV camera without significant force, in other words, using a low level of force.

A summary of the above-mentioned developments is combined in claim 5 together with
5 an additional development, according to which the TV camera is movable from outside,
not only or instead of in a longitudinal direction, but can also be moved so as to carry
out a rotation movement. In order to be able to carry this out in body parts with
convoluted vessels, in particular the digestive tract, the development according to claim
6 enables the rotation plane of the magnetic field to be adjusted continuously to the
10 current rotation plane of the TV camera (perpendicular to its longitudinal axis). For this
purpose, according to a development of the invention as per claim 7, a locating device
is provided which makes this continuous adjustment possible. The development in claim
8 enables the locating device to determine the current position and spatial orientation of
the TV camera based on the TV signals received, so as to then continuously orient the
15 rotation plane of the magnetic field.

According to an additional development of the invention as per claim 9, including
several of the above-mentioned developments, the recording technology can be greatly
simplified, especially in connection with the above-mentioned possibility of carrying
20 out a controlled rotation movement. According to this development, only one recording
component, suitable for capturing a single image point is required, which, after the
rotation of the TV camera, captures the image points situated in the immediate vicinity
of the TV camera in succession and prepares the respective TV signals for the series of
these image points, in order, for emission. As these image points lie on a screw-shaped
25 line, when moved in a longitudinal direction, conclusions of a non-constant feeding
speed may possibly be drawn. In this context, the development according to claim 10
offers the possibility of increasing both the precision of the recording as well as the light
exploitation during recording, which is of advantage in the special lighting situation.

30 The development of the invention according to claim 11 improves the prerequisites for
the rotatability of the TV camera on its longitudinal axis. This is followed by the
development according to claim 12, whereby the TV camera can adapt its outer shape

somewhat to its environment. The development according to claim 13 creates favorable conditions for smooth rotatability of the TV camera, thereby reducing related friction to a large degree as well as the expenditure of force required for the above-mentioned rotation.

5

The development of the invention according to claim 15 makes it possible to extend an endoscopy procedure over longer periods lasting up to several hours or days and to evaluate its result as a whole. The development of the invention according to claim 16 eliminates the danger of a quantitative distortion of the TV signal, or at least greatly
10 reduces this danger.

Feeding the TV camera and its illuminating device with operating voltage according to claim 18 simplifies this power supply considerably, while this feeding according to claim 19 enables the duration of the endoscopy procedures to be extended as desired.

15

According to the development of the invention according to claim 20, the series of TV signals belonging to the successive recording cycles can be easily placed in context and the picture lines corresponding to these series can be grouped into a comprehensive TV picture. The development according to claim 21 makes it possible to view related
20 endoscoped body parts together. This possibility is also provided by the development according to claim 22, which makes a memory redundant.

With the development of the invention according to claim 23 the recording always takes place at the point where the vessel surrounding the TV camera, e.g. the small intestine,
25 is stretched the most by the camera, i.e., stretched flat on its upper surface. In addition, the recording also takes place at a point where any vessel content is pushed away in an optimal fashion. The development according to claim 24 makes it possible, with increased feeding speed, to still achieve a complete TV picture of the endoscopy object and its image.

30

One example of the invention is shown in Figs. 1 and 2 of the illustrations, which, however, show only those components which aid comprehension of the invention, and

the invention is by no means limited to these. The description is limited to an explanation of Fig. 1.

In the middle part of Fig. 1 a transmitting device in an egg-shaped, long elliptical casing
5 K is shown in cross-section. The casing shows an ellipsoid with two equally long axes
and a third axis which is approx. one and a half to three times as long. The illustration
is enlarged ten to thirty times. As can be seen, the illustration shows a sectional view,
whereby the longer (third) axis and one of the other two axes of the ellipsoid lie in the
illustration plane, the latter in a horizontal position and the longitudinal axis of the
10 ellipsoid in a vertical position in the illustration. Cross-sections to the longitudinal axis,
which are perpendicular to it and also perpendicular to the illustration plane, are circular.
They may also be elliptical, however; in this case the above-mentioned first two semi-
axes of the ellipsoid would not be equal in length.

15 The casing K, which is the casing of the TV camera, is located in an external light-transparent case H, which may be made of glass-like rigid material (plastic) or flexible material. The space between the casing and the case, shown greatly enlarged, is filled with a clear, transparent liquid, which enables smooth rotation of the casing K and thus the entire TV camera on its longitudinal axis, which corresponds to the longitudinal axis
20 of the ellipsoid. The indicated bearings L1 and L2 can also be attached to the upper and lower end of the casing, in order to prevent falling of the TV camera and to guarantee exact circular rotation of the TV camera when rotated on its longitudinal axis. The above-mentioned liquid has low adhesion and low viscosity properties.

25 The above-mentioned ellipsoid form of the casing K of the TV camera as well as the case H which surrounds it and constitutes one of its components favors advancement by means of natural peristalsis, e.g. of the small and large intestine. If the case H is made of flexible material, this favors the positive adaptation to the inner shape of the surrounding vessel which is to undergo endoscopy, e.g. the small and large intestine. If
30 the case is made of rigid glass-like material, this favors the smooth rotatability and recording precision.

The TV camera contains a recording device A with a light-sensitive component A1, e.g. a photo diode or similar object, and an optic lens A2 which focuses the recording sensitivity of this component on a recording point (i.e., an extremely small surface part) on the upper surface of the case H, which is an integral component of the TV camera.

5 This means that the entire light sensitivity of the component A1 is concentrated on this recording point. Positioned laterally to this component is an illuminating device consisting of two light sources G1 and G2; these light sources may consist of light emission diodes or other light generators with a relatively high degree of efficiency. A circular light generator may also be used, positioned concentrically around the recording

10 device. The re-radiation of the light generator or generators is concentrated on the recording point. The light-sensitive component of the recording device converts the light signals received and determined by the lens from the object on which the endoscopy is carried out, from the respective recording point on the object, into electric analog signals which are passed on to a coder (C).

15

The dimensions of the TV camera with its case are such that enable it to be swallowed. To carry out constant picture-taking, it is moved continuously. For this purpose it is subject to the influence of natural peristalsis. It is set up for all-round picture-taking and is positioned so as to be rotatable in its casing H as described above. It also contains a

20 transmitting device, as already mentioned, which consists of a coder C, a clock generator T and a transmitter S. The coder serves to convert the electric analog signals into PCM signals, which are passed on to the transmitter S as outgoing news and from there via the dipole D1/D2 for transmission.

25 The clock generator T emits regular clock impulses to the coder. For each clock impulse, the current TV signal, which is converted into a PCM signal, is forwarded to the transmitter S. The successive recording points on the object on which the endoscopy is to be carried out, e.g. intestine interior, are marked individually by the successive clock impulses. The TV signals transmitted in PCM form by the transmitter S are received by

30 a receiver U of the playback device.

If the TV camera is inserted into a vessel, e.g. the small intestine, and then slowly fed further and if the inner part, i.e., the casing with all its contents, is made to rotate as described, the recording device A with its recording point, which should be understood as an extremely small surface, is fed along a screw-shaped line within this vessel, e.g. the small intestine. The adjacent parts of this line, resulting from the successive rounded parts (similar to the adjacent threads in a screw thread) are spaced at a distance (similar to the distance from thread to thread) which results from the respective feed per recording cycle, which is made per revolution of the TV camera in its longitudinal direction. A recording cycle corresponds to a revolution of the TV camera, i.e., a curve made by its recording device on the respective vessel wall. The number of individual pictures per recording cycle, i.e., per rotation of the TV camera, and thus the number of the TV signals corresponding individually to these pictures, which are sent successively for transmission in PCM form, is the result of the revolution speed and thus the inverse proportional time per revolution as well as the clock impulse frequency of the clock generator T, i.e. from the number of clock impulses per recording cycle.

The case comprises a reflector which faces inwards in the form of a very thin strip, one to two recording points in width, which extends in length from one of the two poles to the other and lies in a plane in which its longitudinal axis also lies. This strip can also be considerably shorter and may be limited to the area in which the recording component moves. The latter lies, as can be seen from the illustration, in the area of the greatest circumference of the TV camera - in relation to its circular cross-sections which lie perpendicular to the longitudinal axis. The above-mentioned reflector is optically reflected by the recording device and the illuminating device. It serves as an indicator which, when the camera is turned and the recording component crosses over as a result, causes an indication signal created by the latter, which is distinguished from the other TV signals. The recording cycles, defined by two successive signals, and which also occur in succession, thus emit series of TV signals, e.g. picture lines, which, by means of the indication signals at their beginning and/or end (picture line beginning and/or end signal) can be matched to each other in succession in the playback device, especially in a memory which belongs to it.

At this point it should be mentioned that the optical effect of the lens A2 is effected or supported by the form-induced or material-induced optical refraction behavior of the liquid in the interim space F as well as of the outer case. The shape of the liquid is, of course, determined by the shapes of the case and casing enclosing it, including the lens
5 A2. The case H can, however, also have an additional cylindrical lens in its circular cross-section determined by the orbit of the recording device A, which wraps around the whole case and may consist of an internal or external arch or hollow.

It should also be mentioned that the case H, when made of a flexible material, may also be inflatable so as to enlarge the picture field. The glass required may be produced by
10 electrolytic procedures or by evaporation and the signals required can be transferred cordlessly in the known fashion.

It should also be mentioned that the TV camera may have two or more of the illustrated and described recording devices or several recording components in a common recording
15 device, positioned in a line running lengthwise to the longitudinal axis which lies parallel to the above-mentioned strip. They thus lie in the casing like the illustrated recording device but are not illustrated individually.

The TV camera also contains an electromagnetic part W. By creating a magnetic field
20 outside of the body on which the endoscopy is to be carried out, a dynamic effect can be exerted on the TV camera. This can be used to influence the movement of the TV camera in its longitudinal direction, thus to move it forward, as well as to accelerate or slow down a movement initiated by natural peristalsis. In addition, it is possible to steer the camera at ramifications or junctions or to guide it into bulges in the respective vessel
25 wall.

The main purpose of the ferromagnetic part W is to induce the rotation of the TV camera. For this purpose, the magnetic longitudinal axis of the part W runs transversely to the longitudinal axis of the TV camera, whereby the TV camera is rotatable on its
30 longitudinal axis by turning the magnetic field created outside the body. As the vessels on which the endoscopy is to be carried out, e.g. the intestine, can have many bends, which the TV camera has to follow as it is fed forwards, and as the camera has to rotate

during this movement, the magnetic field is rotatable in all space planes. For this purpose, field coils Y1, Y2 and Y3 can be attached to the walls of the treated area, which can be insulated from interfering fields, e.g. the earth's magnetic field. These field coils correspond to the three dimensions of the space and two of each may be present. Two coils Y1 may be positioned parallel to the floor and ceiling of the treated area. Two coils Y2 may be allocated to the front and rear walls of the space and two coils Y3 to the right and left lateral wall. With the aid of this type of or similar coils, it is possible to create a magnetic rotary field in the space, whose plane of rotation may be selected as desired, and may also be tilted as desired, by loading the various coils singly or in combination with electricity of various and constantly varying strengths. With the aid of this type of rotary field, the rotation of the TV camera via its ferromagnetic part is induced. The rotary plane of this rotary field is continuously adjusted to the current orientation of the longitudinal axis of the TV camera which is also influenced by the above-mentioned bending of the vessel on which the endoscopy is to be carried out, e.g. the intestine, so that the camera is always perpendicular in the rotary plane of this rotary field.

As already indicated, the transmitter S emits the TV signals in PCM form via the dipole D1/D2. These signals are received not only by a receiver U of the playback device, but also by a locating device X. The latter can determine the current spatial orientation of the dipole D1/D2 of the TV camera, i.e. its longitudinal axis, at any time, based on these signals. For this purpose it is equipped with three dipoles which correspond to the three dimensions of the space. The locating device X determines and reports data in a continuous fashion, concerning the current orientation of the TV camera, i.e. its longitudinal axis, via the transmission route X to a common control device Z. The three dipoles are the dipoles x1/x2, x3/x4, and x5/x6. Based on these data, the control device Z charges the field coils Y1, Y2 and Y3 with electricity of alternating strength and direction in such a way that a rotary field is created in the same plane in which the rotary plane of the TV camera currently lies. The power supply for the field coils occurs via a multiwire line y from the control Z to these field coils.

The TV signals received as image points by the receiver U of the playback device via its dipole V1/V2 are sent to the memory R which has a large number of memory lines, as seen in the illustration. One memory line consisting of a number of memory elements serves to store the TV signals belonging to one specific recording cycle, each one of these signals consisting of a PCM word. In the same order in which these PCM words arrive at the receiver U, they are written consecutively word for word into the memory elements by a recorder device UR, i.e., always one PCM word to one memory element. The PCM words which belong to one specific recording cycle are always written to the memory elements of one specific memory line. The number of recording cycles carried out by the recording device of the TV camera in an endoscopy procedure is the same as the number of memory lines written. This number is the result of the duration of an endoscopy procedure which should be divided by the duration of one recording cycle. The beginning and end of each recording cycle are marked by the above-explained indication signal, which enables the line-by-line storing of the PCM words of each recording cycle.

The overall result of an endoscopy procedure can be made visible, in a known fashion, with the aid of a memory reader device RP and a monitor (visual display terminal). In addition, a printer N is provided which makes it possible to print out the stored overall result of an endoscopy procedure in the form of image points, in a manner similar to that of the monitor. It thus prints one image point per PCM word and selects one intensity for the appropriate paper blackening according to the partial picture information contained in the respective TV signal. The printer executes this individually for each PCM word, i.e., an image point or jointly per recording cycle, i.e., per picture line. The printer can also depict the TV signals received by the receiver U without interim storage in the memory, i.e., via direct reception via the receiver U.

Distortions result from differing feed speeds. An increased feed speed of the TV camera results in the successive recording cycles corresponding to a screw-shaped line with greater lead (see threads of a screw thread) (and vice versa), and therefore results in a condensed picture reproduction (and vice versa). It is possible to recognize an irregular feed speed, i.e., characteristics of the peristalsis, here. If the feed speed is determined

continuously in another way, e.g. using the locating device, this additional information can be used to compensate for and eliminate the distortion effect, to the extent that it is undesired.

- 5 Finally, the supply of the TV camera with operating voltage will be explained. For this purpose a battery B can be provided. Another option is that at alternating intervals or using various transmission frequencies, on the one hand, PCM words are transferred from the transmitter S to the receiver U and, on the other hand, high frequency signals are transferred as energy carriers from the locating device which in this case is
- 10 developed additionally as a high frequency transmitter (and which should work at alternating intervals if necessary) to a recording device E which is essentially to be developed as a filter permeable only to these high frequency signals, from which the received energy is fed to the battery, serving in this case as a buffer.
- 15 A further variation of the invention is shown in Fig. 2 of the illustrations. This variation eliminates the need for the case and the provisions according to Fig. 1 for the rotation of the TV camera using the rotary field. In the region of its greatest circumference, in relation to the cross-section plane lying perpendicular to its longitudinal axis, and on its entire circumference (or on only part of its circumference), it has a large number of
- 20 light-sensitive components similar to the (A1) described according to Fig. 1, i.e., a ring of this type of components. To these, individual light-generating elements, i.e., light generators, similar to the arrangement described in Fig. 1, are allocated. The illustration in Fig. 2 shows a section laid perpendicularly to its longitudinal axis in this region; the casing K1 should have a similar shape to the casing K in Fig. 1. One such light-sensitive
- 25 component is combined with one light generator to form a recording cell. In the region of the greatest circumference a ring of these recording cells AG1 to AGn (or just AG1 to AGm) encircles the TV camera. The casing should also be light-transparent and clear, at least in front of each of the recording cells AG1 to AGn.
- 30 The TV camera in Fig. 2 has a control switch Q, which serves to activate the recording cells AG1 to AGn to process the recording cycles in a row. Each of the recording cells can be connected to a coder similar to that described in Fig. 1. For this purpose a central

bus line (not shown) is provided, which is led to all recording cells in order as well as to this coder. The activation of each recording cell, for which control wires q1 to qn are provided, consists of their illuminating device (light generator) being switched on and their light-sensitive component being through-connected via the bus line to the coder.

5 It is also possible, when switching on one recording cell, to also switch on the light generator of its neighboring recording cells.

The control switch Q is used to process the recording cycles whose results are comparable to the recording cycles described in Fig. 1. When switched on, each

10 recording cell emits a TV signal; therefore the recording cells, arranged in a circular (endless) ring emit series of TV signals in the cyclical control switch procedures, similar to the arrangement in Fig. 1. One of the recording cells should supply a indication signal which is significantly different from the other TV signals and which signals and marks the beginning and end of each recording cycle. The coding, transfer and evaluation of

15 the TV signals as well as the operating voltage supply should occur similar to the arrangement in Fig. 1.

The variation of the invention in Fig. 2 eliminates both the need for the constant rotation of the TV camera as provided for in Fig. 1 and the outer case H. The arrangement in

20 Fig. 2 can, similar to the arrangement in Fig. 1, be equipped with a ferromagnetic part W. If the TV camera according to Fig. 2 is set up for all-round pictures only in the range of a semi-circle (e.g. if recording cells are provided only from AG1 to AGm), this part can be used to rotate the TV camera under the influence of an external magnetic field, in order to orient the half-ring of recording cells AG1 to AGm to the respective

25 parts of the vessel on which the endoscopy is to be carried out. A TV camera as shown in Fig. 2 makes it possible to eliminate measures and devices for locating and to considerably simplify the means of creating the external magnetic field, as there is no need to create a rotary field in all the various space planes. The one-time rotation of the TV camera can be carried out before beginning recording. The arrangement in Fig. 2

30 also makes it possible to provide a portable receiver and to combine it with an amplifier and/or a transposer and a transmitter which then forwards the TV signals to a playback

device similar to the one shown in Fig. 1. In this way it would be possible for the carrier of this type of endoscopy TV camera to move around freely in a limited area.

The "Heidelberg Capsule" - A Micro-Transmitter for Measuring Stomach pH

by H. Lange and H. G. Noeller *

*[footnote])Dr. H. G. Noeller (Heidelberg University Pediatric Clinic) kindly agreed to contribute Section 7 on the medical application of the Heidelberg Capsule.

1. Introduction

The constant miniaturization of components in recent years, and in particular the development of transistor circuit engineering, have made it possible to keep reducing further the volume of electronic devices. This is particularly obvious in respect of component density, ie elements per volume unit. For example, a walkie-talkie fitted with subminiature (bantam) tubes (Teleport V) had a component density of only 132/l, while devices constructed using only transistors reached figures of several thousand per liter for individual componentry. This trend makes it possible for electronics to penetrate more and more new areas of application.

Following fundamental preparatory work by H.G. Noeller ([1] [2] [3]), using modern subminiature tubes Telefunken has developed a swallowable microtransmitter (known as the "Heidelberg Capsule") to determine acid (pH) values in gastric juices. In the literature such a swallowable transmitter is also referred to as an endo-radiosonde or an intestinal transmitter. The component density here is 10,000/l, which is probably the maximum that can be achieved using subminiature tubes. The transmitter weighs 1 gram, and measures 8 mm in diameter and 18 mm long. The total device for measuring and transmitting pH values from the stomach comprises the transmitter (the Heidelberg Capsule), a reception antenna, and the receiver with the recording device. At about the same time, similar investigations were also carried out independently elsewhere ([4] through [12]).

The normal method for determining acidity in gastric diagnostics involves titration of several samples drawn in turn from the stomach using a gastric tube. The attendant physiological and psychological distress for the patient often affects the measured values by introducing variations which cannot always be recognized. The microtransmitter, which can be swallowed without any effort, avoids such variations

of measured values caused by the trauma of using the gastric tube. Its smooth plastic exterior and its design make it easy to swallow. Its major advantage is that it transmits the current pH values from the stomach without any wired connections. After the administration of test solutions and foods, their impact on gastric acid formation can be monitored directly from the environment to be assessed, simply by reading off the results from the receiver. The microtransmitter, which is evacuated naturally from the human body via the digestive tract, is intended for one-time use only.

2. The Micro-Transmitter

The transmitter consists of a single-stage transistor oscillator which uses a three-point circuit (Fig. 1), and whose frequency depends on the voltage of the built-in sensor (pH measurement head), as well as an incorporated battery-operated power supply. The oscillator's Colpitts oscillator circuit coil acts as an antenna. Figure 2 shows (left) the external and (right) the internal structure of the Heidelberg Capsule.

Figure 1: Heidelberg Capsule circuit

Figure 2: (right) Heidelberg Capsule: external view and internal structure

Fig. 1 [left]:

- [1] Sb; pH-electrode
- [2] Ag-AgCl; pH comparison electrode = positive battery electrode
- [3] Mg; negative battery electrode
- [4] pH measurement head
- [5] power supply battery

Fig. 1 [right]:

Ag-AgCl electrode
Sb electrode
Mg electrode

2.1 The Sensor

Various procedures can be used to determine the acidity of a liquid, expressed as its pH value. For gastric diagnosis purposes, the electrode needed as a sensor should cover the pH range of 1.5 to 8 and be biochemically neutral. According to the current state of knowledge, a measuring accuracy of 0.5 pH is considered sufficient. The glass electrode normally used for pH measurements has too high an internal resistance (even if Schott low-impedance special glass is used) to be able to control the sensor directly. The use of an intermediate amplifier would be too expensive.

Metal-oxide electrodes have low internal resistance. Their potential measuring errors are far below the values admissible for biological measurements. The results of a wide variety of tests led to the choice of an antimony (Sb) electrode with a ring design, arranged round the body of the donut (Fig. 3). The electrode carrier is a bronze wire, electro-goldplated and antimonized. The comparison electrode for pH measurements is a silver-silver chloride electrode (Ag-AgCl electrode); silver wire is bent into a ring shape and electrolytically plated with a layer of silver chloride. The electrode is immersed in a physiological salt solution, which is in contact with the liquid to be measured through a permeable membrane.

During preparation of the Sb and Ag electrodes, dispersion of their EMF occurs. Fig. 4 shows the extent of tolerance as determined by a large number of measurements. The Sb electrode has a relatively large temperature coefficient which must be taken into account. Fig. 5 shows the dependence on temperature that occurs when the Sb electrode is paired with an Ag-AgCl electrode as comparison electrode. It is therefore absolutely vital before every single measurement to perform calibration in buffer solutions at the expected working temperature. Before measurements are made, aging in buffer solutions is carried out for four minutes at pH 2 and two minutes at pH 7. The subsequent calibration is carried out in similar solutions. These aging times are not enough to totally compensate for drift by the Sb electrode, but they are sufficient for the desired measuring accuracy.

Fig. 3: Electrode arrangement of the pH measuring section and battery permeable membrane

[top to bottom]

Ag-AgCl electrode

Battery compartment

Mg electrode

Sb electrode

Rubber washer

Oscillator compartment

2.2 Battery for Transmitter Operation

Since the Heidelberg Capsule is intended for one-time use only, the battery voltage needs to remain constant only for the time required in the stomach and the duration of the investigation - normally an operating time of 40 to 60 minutes. Because of the unit's requisite small capacity and dimensions and long shelf life, a special battery is used to operate the transmitter instead of a commercially available model. The battery is filled with electrolyte shortly before use.

The electrode materials used are an alloyed magnesium electrode (Mg electrode) for the negative pole, and the Ag-AgCl electrode of the pH measuring section for the positive pole. The battery compartment in which these two electrodes are housed is filled with absorbent material for bonding the electrolyte. The battery is activated by placing the capsule in physiological salt solution. The battery compartment becomes saturated within one minute, and then seven minutes later the battery provides its correct voltage of 1.53 ± 0.03 V. Figs. 7 and 8 show the variations in drift and battery life at maximum transmitter load.

Fig. 4: Extent of tolerance for the antimony electrode $U_{Sb} = f(\text{pH})$ at 38°C
at 38°C

U_{Sb} compared with Ag-AgCl electrode

Fig. 5: $U_{Sb} = f(TA)$ in pH 2 and pH 7 - buffer solutions

in buffer solution pH 1

in buffer solution pH 2

Fig. 6: Detection behavior of the Heidelberg Capsule at different pH values

[y-axis] Calibration marks

Fig. 7: Drift behavior of the collector battery $U = f(T)$; $R_a = 36 \text{ k}\cdot\text{ohm}$; $T = 38^\circ\text{C}$; $TK = 2.5 \times 10^{-3} \text{ V}/^\circ\text{C}$

Fig. 8: Discharge curve of the collector battery $U = f(T)$; $R_a = 36 \text{ k}\cdot\text{ohm}$; $T = 38^\circ\text{C}$

2.3 The Oscillator

Frequency modulation was chosen in order to ensure that measured values are reliably transmitted, and to keep the cost of components to a minimum. Fig. 1 shows the complete circuit of the transmitter. The antimony electrode is connected to the transistor base and changes its voltage from around 100 mV to 450 mV depending on the pH value (pH 1 to 8). This change generates a change in the collector current, which in turn generates a change in the transistor's diffusion capacitance and hence a frequency change (pulling). The change in transistor current causes only a slight (around 10%) amplitude modulation which causes no disturbance: even with the lowest transistor current of the working range, as a result of the slight oscillatory circuit losses the transistor is voltage-modulated up to collector saturation voltage, and the rest of the change is partially compensated by the voltage drop on the emitter resistance.

In Fig. 6 it can be seen that the pulling is sufficiently linear-dependent on the pH value (pH 2 to 7) for the application. With a maximum frequency deviation of 150

kHz, and taking account of component tolerances, the transmitted frequency is between 1.72 MHz and 2.08 MHz. Fig. 9 shows the frequency deviation of the oscillator as a function of the base voltage with the built-in battery, and Fig. 10 shows the influence of non-constant collector voltage with constant base voltage. The plots indicate a considerable temperature coefficient and a non-negligible influence of collector voltage. Any possible effect of oscillator temperature variation can be countered by calibrating the capsule before administration in tempered buffer solution and operating it at the same temperature. If the collector voltage remains sufficiently constant over a 1½ hour operating time, this guarantees enough security for the collector battery (1.53 ± 0.03 V).

2.4 Construction

Only by using state-of-the-art subminiature components was it possible to achieve a construction which led to an easily swallowable microtransmitter. Fig. 11 shows the components used. The capacitors were specially developed for this purpose by the Stettner company.

The components are assembled using a stacking technique. They are placed one by one in the slotted assembly housing, with an insulating disk being inserted between each of them. The lead wires are routed laterally from the slots, soldered together, and then bent back into the slots. Fig. 2 shows clearly how the components are stacked. A cap is slid over the assembly housing and then stuck on. The battery compartment is sealed from the outside environment by means of a screw-on ring with a permeable membrane, so that no inadvertent exchange of liquid can occur between the electrolyte of the compartment that houses the battery and pH reference electrode and the external liquid which is to be measured. The material used for the housing, cap and screw-on ring is Plexigum.

Fig. 9: Frequency deviation as a function of the base voltage $f = g(-U_B)$

Fig. 10: Frequency error as a function of collector voltage $f = g(-U_C)$

Fig. 11 (right): Components for the Heidelberg Capsule

- a) Submin-HF Transistor AF 128 (Telefunken)
- b) Disk capacitor
- c) Wafer capacitor
- d) Carbo-film-type (layer) resistor
- e) Coil
- f) Mg and AgCl electrode, mounted in a rubber seal
- g) Assembly housing

3. Reception Antenna

In order to achieve a good connection between the reception antenna and the transmitting antenna, coil (loop) antennas are placed round the patient.

Since the microtransmitter changes position frequently while it is in the stomach as a result of physiological processes, the polarization axis of its coil section is also constantly changing. Depending on the orientation of the capsule, a single-bay reception antenna would theoretically receive levels between zero and a maximum value if it were not constantly directed at the transmitter. For this reason it is recommended to use three coil antennas arranged with their axes vertical to each other. They are mounted in a belt (Fig. 12). The electrical design can be seen in Fig. 13. Units A'_1 , A''_1 and A_2 are large-area air-cored coils, while unit A_3 inside A_2 is mounted on a ferrite rod. When the belt antenna is in position, the two outer coils (A'_1 and A''_1) are on the left and right side of the patient's body, while coils A_2 and A_3 are on the patient's front. Thus A'_1 and A''_1 are practically parallel to each other, and hence also connected in parallel. When the belt antenna is worn, the magnetic axis of A_2 runs from the front to the back, and that of coils A'_1 and A''_1 passes straight through the body. The ferrite coil A_3 assumes the third polarization direction. Its axis runs along the body's longitudinal axis. The three separate antenna systems supply their receiving energy to three separate receiver inlets via separate cables.

Fig. 12: Patient with belt antenna and receiving apparatus

4. The Measurement Receiver

The receiver is fully transistorized and of a printed circuit board design. To evaluate the measured values, it has a direct-display instrument, as well as a dot recorder (Fig. 12 [sic]). The capsule's pH value frequency dependent HF energy passes via the belt antenna to three HF input stages, which are alternately connected by electronic switches to a common working resistance. The subsequent connected stages and their operating modes can be seen in the block diagram (Fig. 14).

The three input stages are controlled by a three-stage ring counter which switches them over in a cyclical sequence when it receives control pulses. The control pulses are generated by a pulse generator which operates at 10 Hz, and only released to the ring counter by a signal tapped from the pulse shaper stage and proportional to the input level when the input level has dropped below a set value. At that point the receiver automatically searches for an antenna which will provide it with an adequate input signal. While the input stages are being switched over, the receiver energy will fail within a short time. Consequently a dot recorder is used as the recording device, since brief deviations of the measured value from a constant succession of dots do not impair the ease with which the recording tape can be viewed and the accuracy with which it can be read off.

Fig. 13: Belt antenna wiring

To the HF amplifiers

Axes of the antennas

Fig. 14: Block diagram of the reception apparatus

[a] Belt antenna

[b] High-frequency amplifier

[c] Band pass

- [d] High-frequency amplifier
- [e] Converter stage
- [f] Low-pass filter
- [g] Difference frequency amplifier
- [h] 1st pulse shaper stage
- [i] 2nd pulse shaper stage
- [j] Dot recorder
- [k] Electronic switch
- [l] Switching diode
- [m] Pulse generator

5. Calibrating the Heidelberg Capsule

After activating the collector battery in physiological salt solution and aging the Sb electrode in pH 2 and pH 7 buffer titrisol, the capsule is calibrated. For this purpose the capsule is plugged into a calibration antenna (Fig. 15) connected to the measurement receiver inlet and is alternately immersed in buffer solutions heated to 38°C. Following a tolerance correction performed on the receiver from outside, the resulting deflections of the instrument are recorded on the plotter tape as calibration marks pH 2 and pH 7 (Fig. 6). The quasi-linear relation allows the other values on the pH scale to be interpolated.

6. Prospects

The technology of swallowable intestinal transmitters is clearly not limited to measuring available acidity in the stomach. Other options which would enhance medical diagnostics include such things as measuring pressure ratios, perhaps at the same time as pH values, temperature variations and even, for example, the conductivity of the contents of the digestive tract. One very important development

would be a low-cost and for medical purposes sufficiently accurate way of tracking the capsule as it passes through the gastrointestinal tract.

7. Medical Aspects

The measurement method described in this paper is currently being subjected to extensive tests by experienced gastroenterologists at renowned medical centers, and its diagnostic ability is being assessed. At the time of writing it would appear that conclusions about pathological conditions might be able to be drawn from the plot.

In contrast with the conventional volumetric method of determining acid levels using the tube procedure, where two different titrations are required in order to cover the entire range, the Heidelberg Capsule measurement receiver displays the pH values in a quasi-linear instant fashion. Instead of the display spread in the highly acid area, the new procedure makes it possible to evaluate the behavior over time of shifts in pH values. This has a number of advantages. The Heidelberg Capsule enables the various stomach functions to be assessed quickly and simply in a single procedure.

The recording of acid formation performance (the amount of hydrochloric acid secreted by the stomach wall per unit of time) that the Heidelberg Capsule makes possible provides the physician with particularly valuable information about the stomach's functional behavior. This information cannot be obtained using the stomach tube. After a neutralizing meal one stomach may take hours to re-establish the initial pH value (eg pH = 2.2), while another stomach may take just a few minutes.

Fig. 16: Variations in pH values in the stomach of a normal person

Fig. 17: Variations in pH values in the stomach of a patient using the double alkali test

Administration of the capsule

Calibration marks

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.